

**Разработка генератора озона на  
барьерном разряде для удаления  
углеводородных пленок из щелей  
тайлов токамака**

Терентьев В.П.

# Содержание

- Введение
- Использование озона
  - Преимущества озона
  - Синтез озона в газовом разряде
  - Генератор озона
  - Барьерный разряд
  - Структура канала микроразряда
  - Конструкция озонатора
  - Параметры разряда
- Методика эксперимента
- Результаты
- Сравнение результатов
- Заключение

# Введение

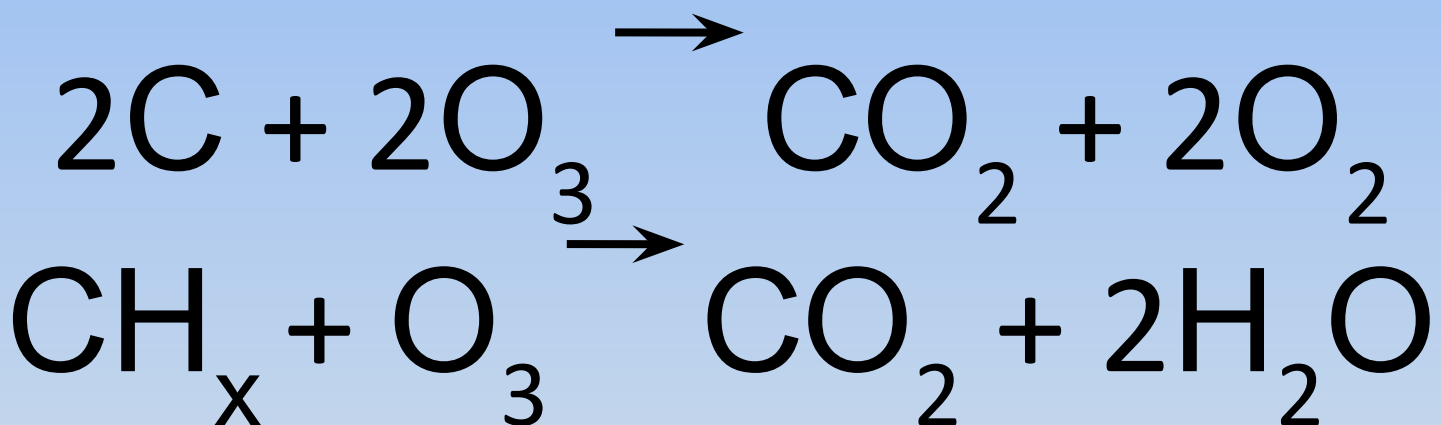
- Тайлы – пластины формирующие первую стенку токамака
- Углерод перенапыляются на тайлы и в щели между ними захватывая тритий
- Предельно допустимое содержание трития: 700 г

# Актуальность

- Удаление пленок из щелей представляет большую трудность
- Ни один из существующих методов не удовлетворяет всем требованиям

# Использование озона

- Озон является сильным окислителем (3 место по окислительной способности)
- Взаимодействуя с углеродом и углеводородами образует летучие безвредные соединения
- Основные реакции



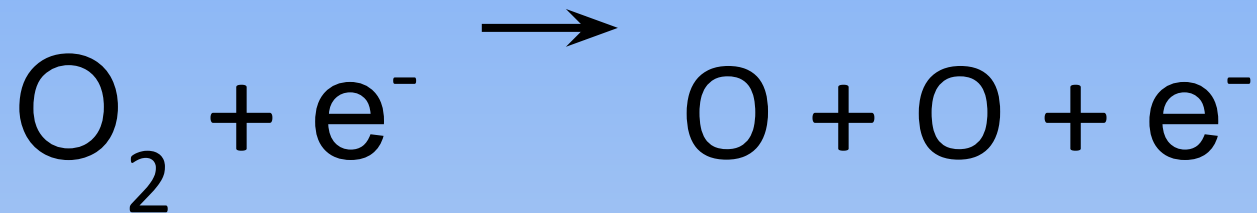
# Преимущества озона

- Удаление пленок из щелей между тайлами
- Безразрядный метод очистки
- Экологически чистый окислитель
- Простота использования
- Не требует сильного нагрева
- Не деформирует рельеф тайлов

# Синтез озона в газовом разряде

Стадии синтеза:

- Диссоциация молекулы  $O_2$  электронным ударом



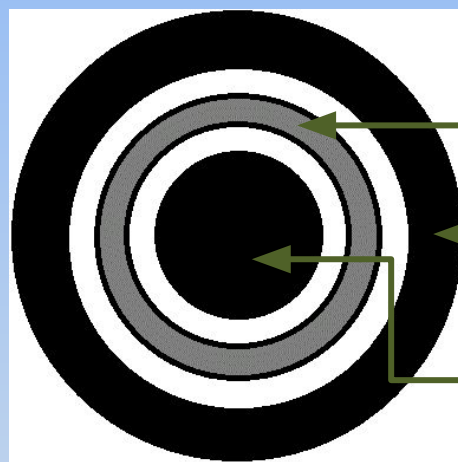
- Синтез молекулы озона



Тройное столкновение с другой молекулой (M) необходимо для отвода избытка энергии.

# Генератор Озона

- Газоразрядный озонатор с диэлектрическим барьерным разрядом
- Цилиндрическая геометрия с двумя газовыми промежутками и одним диэлектрическим слоем



Диэлектрический барьер

Внешний электрод

Внутренний электрод



# Барьерный разряд

## *Определение*

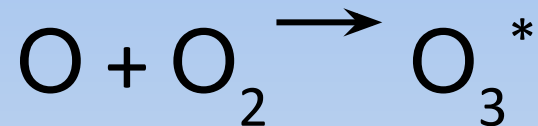
- Низкочастотный емкостной импульсно периодический разряд с изолированным электродом

## *Характеристики*

- Длительность импульса зависит от емкости диэлектрика

## *Преимущества для синтеза озона*

- Наличие диэлектрика обеспечивает отвод избыточной энергии, а также снятия возбуждения с молекулы озона из реакции



- Благоприятная форма канала микроразряда для синтеза озона

# Структура канала микроразряда

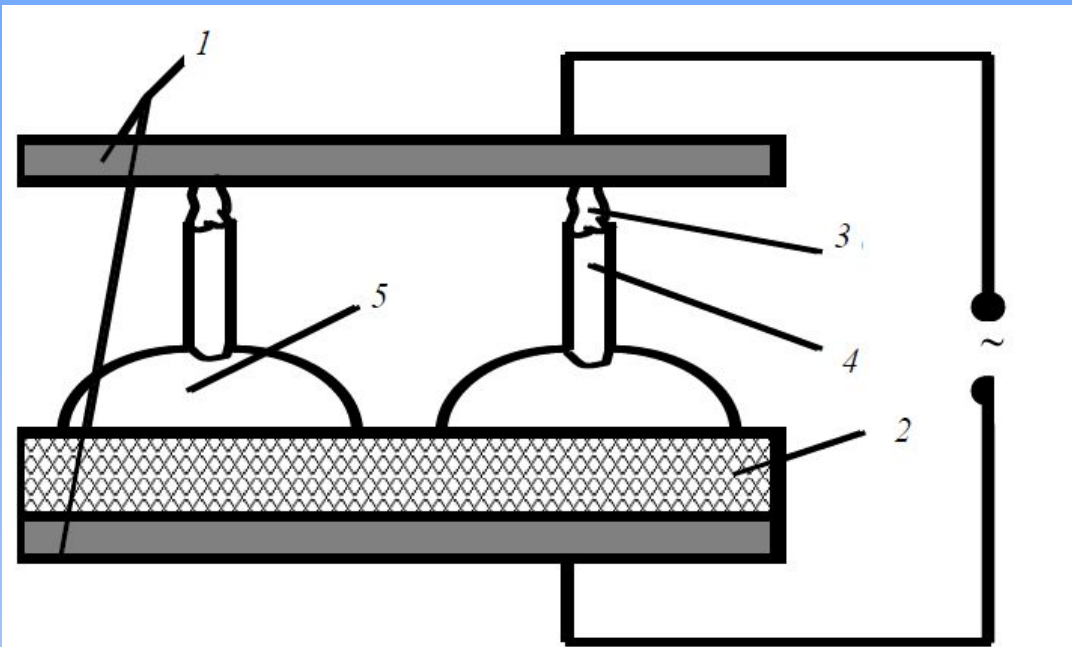
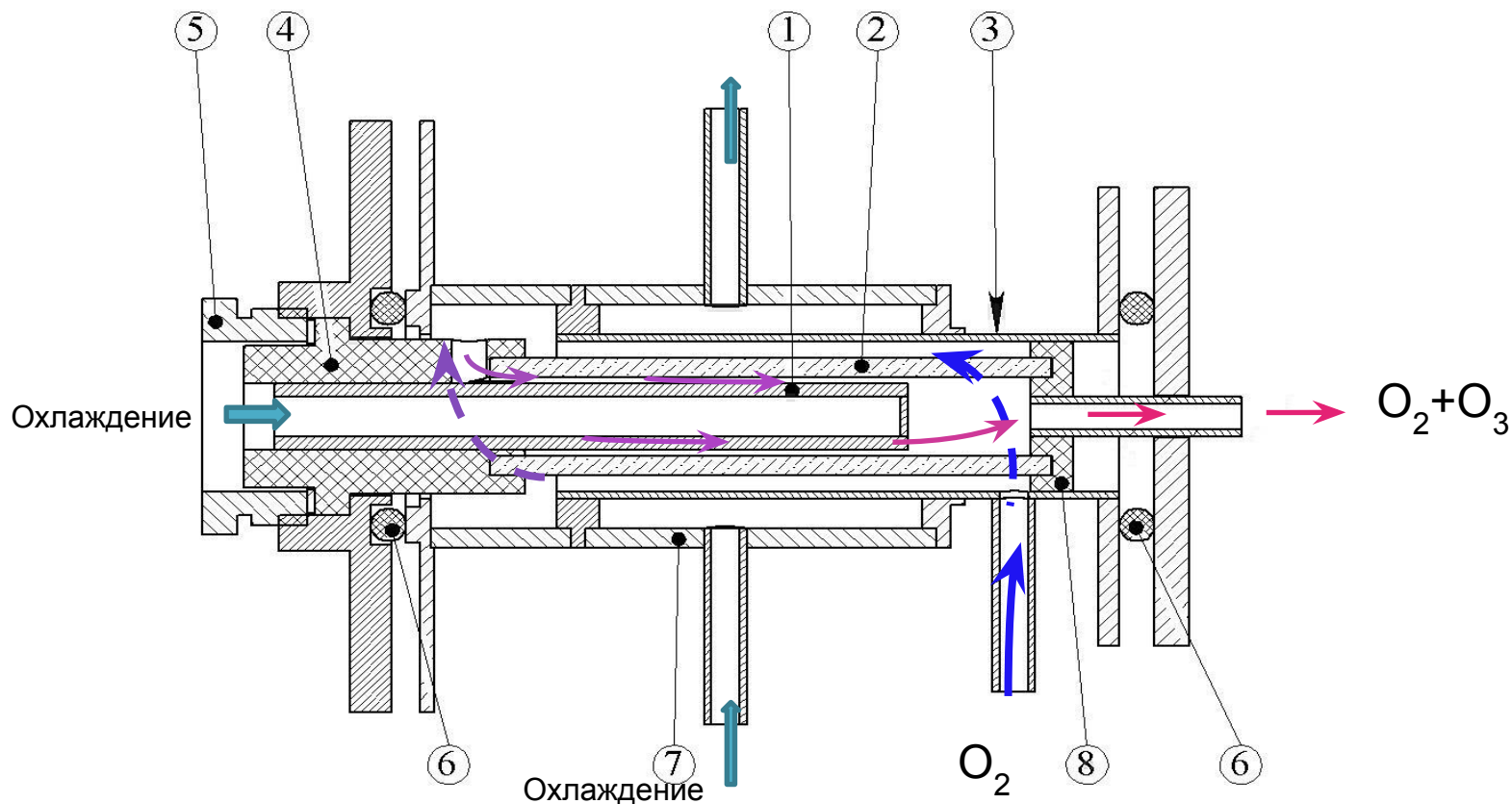


Рис. 1. Фрагмент барьерной разрядной ячейки и геометрия канала микроразряда: 1 — металлические электроды; 2 — диэлектрик (барьер); 3 — приэлектродная часть канала металлического микроразряда; 4 — столб канала микроразряда; 5 — пребарьерная расширенная часть канала микроразряда

# Конструкция озонатора



1 – внутренний электрод, 2 – диэлектрик, 3 – внешний электрод, 4 – фторопластовое уплотнение, 5 – гайка уплотнения, 6 – уплотнение, 7 – рубашка охлаждения, 8 – центровочное кольцо

# Параметры разряда

- Напряжение: (5 – 20)кВ
- Частота: 1000 Гц
- Мощность: до 75 Вт
- Материал диэлектрика:  
кварцевое стекло
- Толщина диэлектрика: 3 мм
- Толщина газоразрядных  
промежутков: 1 мм

# Методика эксперимента

## *Задача*

Определить оптимальные параметры для работы озонатора

## *Методика*

Измерение концентрации озона в зависимости от:

- Прикладываемого напряжения
- Частоты импульсов
- Температуры
- Скорости прокачки системы

# Результаты

*Для параметров:*

- Напряжение: 19 кВ
- Частота: 1 кГц
- Температура -40°C
- Без прокачки

*Концентрация озона составила 3%*

# Сравнение результатов

Тип разряда	Коронный разряд	Барьерный разряд
Рабочее давление	0,2 атм.	1,2 атм.
Напряжение	Постоянное, 3кВ	Переменное, 19 кВ
Процентное содержание озона в потоке	1%	3%
Концентрация озона	$6,1 \cdot 10^{22} \text{ м}^{-3}$	$111 \cdot 10^{22} \text{ м}^{-3}$

# Заключение

- Наиболее оптимальным материалом для диэлектрического барьера является кварцевое стекло
- Озонатор на барьерном разряде является более эффективным источником озона, чем озонатор на коронном разряде
- Для увеличения мощности, а с ней и концентрации озона необходимо усовершенствовать установку



Благодарю за внимание!

Терентьев Вячеслав

[vyachterentiev@gmail.com](mailto:vyachterentiev@gmail.com)